

Current sensor according to the compensation principle

Patent number: DE19705768
Publication date: 1998-08-20
Inventor: FRIEDRICH LENHARD DIPL ING (DE)
Applicant: VACUUMSCHMELZE GMBH (DE)
Classification:
- **international:** G01R15/18
- **european:** G01R15/18C2
Application number: DE19971005768 19970214
Priority number(s): DE19971005768 19970214

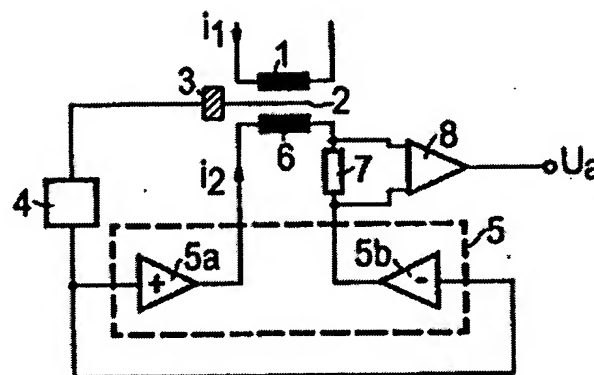
Also published as:

WO9836282 (A1)
EP0960341 (A1)
US6177791 (B1)
EP0960341 (B1)

Report a data error here

Abstract of DE19705768

The invention relates to a current detector which works in accordance with the compensation principle whereby the magnetic field produced by a primary winding (1) with the current to be measured flowing through it is compensated by the compensating current in a secondary winding (6) and the compensating current is controlled by at least one detector (3) influenced by the magnetic field which registers deviations from the null flux and passes this measured value on to a driver circuit (5) for producing the compensating current. The secondary winding (6) is series-connected to the output terminal of the driver circuit (5) with a matching resistor (7), a voltage (U_a) proportional to the current to be measured is connected to the matching resistor (7), two opposite amplifiers (5a, 5b) in phase opposition, controlled by the measured value, giving output signals are used in a bridge connection as a driving circuit and the series connection comprising the secondary winding and the matching resistor is switched between the output terminals of the amplifiers.



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 197 05 768 A 1**

61 Int. Cl.⁶:
G 01 R 15/18

21 Aktenzeichen: 197 05 768.3
22 Anmeldetag: 14. 2. 97
43 Offenlegungstag: 20. 8. 98

DE 197 05 768 A 1

71 Anmelder:
Vacuumschmelze GmbH, 63450 Hanau, DE

74 Vertreter:
Epping, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 82131
Gauting

72 Erfinder:
Friedrich, Lenhard, Dipl.-Ing., 63452 Hanau, DE

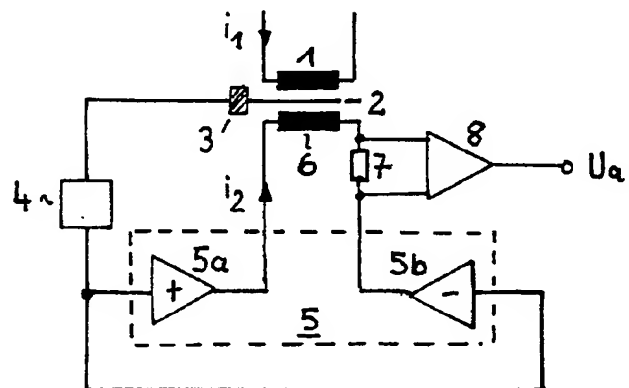
56 Entgegenhaltungen:
DE 2 95 20 066 U1
EP 06 91 544 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip

57 Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, bei dem das von einer vom zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung (1) erzeugte Magnetfeld durch den Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung (6) kompensiert wird und bei dem zur Steuerung des Kompensationsstromes mindestens ein vom Magnetfeld beeinflusster Sensor (3) Abweichungen vom Nullfluß erfaßt und diesen Meßwert einer Treiberschaltung (5) zur Erzeugung des Kompensationsstromes zuführt, wobei an den Ausgang der Treiberschaltung (5) die Sekundärwicklung (6) in Reihe zu einem Abschlußwiderstand (7) angeschlossen ist, am Abschlußwiderstand (7) eine dem zu messenden Strom proportionale Spannung (U_a) anliegt, als Treiberschaltung (5) zwei durch den Meßwert angesteuerte, einander gegenüber gegenphasige Ausgangssignale liefernde Verstärker (5a, 5b) in Brückenschaltung verwendet werden und zwischen die Ausgänge der Verstärker die Reihenschaltung aus Sekundärwicklung (6) und Abschlußwiderstand (7) geschaltet ist.



DE 197 05 768 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, bei dem das von einer vom zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung erzeugte Magnetfeld durch den Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung kompensiert wird und bei dem zur Steuerung des Kompensationsstromes mindestens ein vom Magnetfeld beeinflusster Sensor Abweichungen vom Nullfluß erfaßt und diesen Meßwert einer Treiberschaltung zur Erzeugung des Kompensationsstromes zuführt, wobei an den Ausgang der Treiberschaltung die Sekundärwicklung in Reihe zu einem Abschlußwiderstand angeschlossen ist und am Abschlußwiderstand eine dem zu messenden Strom proportionale Spannung anliegt.

Ein derartiger Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip ist beispielsweise aus der EP 356 248 und der EP 691 544 bekannt und in Fig. 5 der Zeichnung dargestellt. Der zu messende Strom i_1 fließt dabei durch die Primärwicklung 1 eines Stromtransformators, der beispielsweise einen Magnetkern 2 sowie einen den Magnetfluß im Magnetkern 2 messenden Sensor 3 aufweist.

Der Sensor 3 besteht zum Beispiel aus einem in die Sättigung gesteuerten Transformator mit rechteckförmiger Magnetisierungskennlinie. Die Ausgangsspannung des Sensors 3 wird in einer nachgeschalteten Auswerteschaltung 4 aufbereitet, der wiederum eine Treiberschaltung 5 nachgeschaltet ist. Der Ausgang der Treiberschaltung 5 ist über die Sekundärwicklung 6 des Stromtransformators und einen Abschlußwiderstand 7 mit einem Bezugspotential G verbunden.

Der zu messende Strom erzeugt nun über die Primärwicklung 1 einen magnetischen Fluß im Magnetkern 2, der vom Sensor 3 erfaßt wird. Die dem Sensor 3 nachgeschaltete Auswerteschaltung 4 liefert ein von der Größe und Richtung des Magnetfeldes im Magnetkern 2 abhängiges Signal an die Treiberschaltung 5, die einen Kompensationsstrom i_2 durch die Sekundärwicklung 6 treibt. Der Kompensationsstrom i_2 ist so gerichtet, daß sein Magnetfeld den Magnetfluß im Magnetkern 2 kompensiert. Der Strom in der Sekundärwicklung 6 wird vom Sensor 3 in Verbindung mit der Auswerteschaltung 4, der Treiberschaltung 5 sowie der Sekundärwicklung 6 so lange geändert, bis das Magnetfeld im Magnetkern 2 zu Null wird. Damit ist der Strom i_2 in der Sekundärwicklung 6 ein Maß für den Augenblickswert des zu messenden Stromes i_1 in der Primärwicklung 1, wobei sowohl Gleich- als auch Wechselströme erfaßt werden können. Der Strom i_2 fließt außerdem über einen Abschlußwiderstand 7, an dem die Ausgangsspannung U_a des Stromsensors abfällt, die dadurch in Größe und Phasenlage dem zu messenden Strom i_1 in der Primärwicklung 1 entspricht.

Der maximal meßbare Strom $i_{1\max}$ des Kompensationsstromsensors ist dabei:

$$i_{1\max} = w_2 \cdot (U_V - U_B) / (R_i + R_a),$$

wobei w_2 gleich der Sekundärwindungszahl, U_V gleich der Versorgungsspannung, U_B gleich dem Spannungsabfall in der Treiberstufe 5, R_i gleich dem Innenwiderstand der Sekundärwicklung 6 und R_a gleich dem Widerstandswert des Abschlußwiderstandes 7 ist.

Die bekannten Kompensationsstromsensoren arbeiten überwiegend mit einem Abschlußwiderstand, der in Reihe mit der Sekundärwicklung gegen ein Bezugspotential geschaltet ist. Dadurch wird zur Kompensation eines positiven Stromes eine positive (bzw. negative) Versorgungsspannung und zur Kompensation eines negativen Stromes eine negative (bzw. positive) Versorgungsspannung benötigt. Folglich

muß eine bipolare Spannungsversorgung vorgesehen werden. Steht eine solche nicht zur Verfügung, so können zwar aus einer unipolaren Spannungsquelle durch Spannungshalbierung zwei bipolare Spannungen gewonnen werden, jedoch halbieren sich damit auch deren einzelne Spannungswerte. Aufgrund der halben Spannungswerte verringert sich gemäß obiger Gleichung aber auch der maximal meßbare Strom.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen nach dem Kompensationsprinzip arbeitenden Stromsensor mit unipolarer Spannungsversorgung anzugeben, der diese Nachteile nicht aufweist.

Die Aufgabe wird durch einen Stromsensor gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß wird der eingangs genannte Stromsensor derart weitergebildet, daß als Treiberschaltung zwei durch den Meßwert angesteuerte, einander gegenüber gegenphasige Ausgangssignale liefernde Verstärker in Brückenschaltung verwendet werden, wobei zwischen die Ausgänge der Verstärker und die Reihenschaltung aus Sekundärwicklung und Abschlußwiderstand geschaltet ist.

Bevorzugt werden zwei in Brückenschaltung betriebene Gegentakstufen vorgesehen. Der Meßwert des Sensors wird dabei den beiden in Brückenschaltung betriebenen Gegentakstufen mittelbar oder unmittelbar zugeführt. Die Ausgänge der beiden Gegentakstufen, zwischen die die Reihenschaltung aus Sekundärwicklung und Abschlußwiderstand geschaltet ist, liefern dabei zueinander gegenphasige Signale. Die Gegenphasigkeit kann beispielsweise dadurch erzielt werden, daß beide Gegentakstufen durch das gleiche, jeweils den Meßwert repräsentierende Signal angesteuert werden, wobei eine der Gegentakstufen invertierend und die andere nichtinvertierend ausgeführt ist. Alternativ können beide Gegentakstufen gleichphasige Übertragungseigenschaften aufweisen, jedoch gegenphasig angesteuert werden. Der Vorteil dabei ist, daß bei einer unipolaren Versorgungsspannung sowohl positive wie auch negative Kompensationsströme erzeugt werden können. Zwar ist die dem zu messenden Strom proportionale Ausgangsspannung nicht massebezogen, jedoch ist die Weiterverarbeitung sogenannter schwimmender Spannungen mit einem Differenzverstärker unproblematisch.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Verstärker jeweils einen Operationsverstärker aufweisen, daß die nicht-invertierenden Eingänge der Operationsverstärker mit einem Referenzpotential verbunden sind und daß die Spannungsversorgung der Operationsverstärker jeweils unter Zwischenschaltung eines ersten bzw. zweiten Widerstandes aus einem positiven Versorgungspotential bzw. einem Bezugspotential erfolgt. Weiterhin sind jeweils zwei Endstufentransistoren vorgesehen, deren Basisanschlüsse an die Versorgungsanschlüsse des jeweiligen Operationsverstärkers angeschlossen sind und somit über den ersten Widerstand bzw. den zweiten Widerstand mit dem Versorgungspotential bzw. dem Bezugspotential gekoppelt sind.

Der Emittter des jeweils einen Endstufentransistors, der vom einen Leitungstyp ist, ist an das Versorgungspotential und der jeweils andere Endstufentransistor, der vom anderen Leitungstyp ist, ist an das Bezugspotential angeschlossen. Dabei sind die Kollektoren beider Endstufentransistoren – den Ausgang des jeweiligen Verstärkers und damit einen Ausgang der Treiberschaltung bildend – miteinander gekoppelt, wobei die Sekundärwicklung und der in Reihe dazu geschaltete Abschlußwiderstand zwischen die gekoppelten Emittter der Endstufentransistoren des einen Verstärkers ei-

nerseits und die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren des anderen Verstärkers andererseits geschaltet sind. Schließlich ist der invertierende Eingang eines der Operationsverstärker an den Ausgang der Auswerteschaltung angeschlossen und der invertierende Eingang des anderen Operationsverstärkers an den Eingang oder Ausgang des einen Endstufentransistors angeschlossen. Der Vorteil besteht darin, daß durch den Ruhestrom des jeweiligen Operationsverstärkers bereits eine Basis-Emitter-Vorspannung für die zugehörigen Endstufentransistoren an den entsprechend dimensionierten Widerständen entsteht. Dadurch wird der Übernahmehereich bereits stark verkleinert, ohne daß in den Endstufentransistoren ein Ruhestrom fließt und ohne daß zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müßten.

Bevorzugt wird dabei zwischen die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren und den Ausgang des einen Operationsverstärkers sowie zwischen die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren und den Ausgang des anderen Operationsverstärkers jeweils ein dritter Widerstand geschaltet. Bei kleinen Ausgangsströmen sind jeweils die beiden Endstufentransistoren gesperrt und der jeweilige Operationsverstärker erbringt den Ausgangsstrom. Bei größeren Ausgangsströmen werden sie leitend und liefern den größten Teil des Ausgangsstromes.

Bevorzugt wird zwischen Sensor und Treiberschaltung eine Auswerteschaltung zur Aufbereitung des vom Sensor bereitgestellten Meßwertes geschaltet. Damit läßt sich vorteilhafterweise das Ausgangssignal des Sensors an die jeweiligen eingangsseitigen Erfordernisse der Treiberschaltung anpassen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 ein erstes allgemeines Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Stromsensors,

Fig. 2 ein zweites allgemeines Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Stromsensors,

Fig. 3 ein drittes allgemeines Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Stromsensors,

Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel betreffend eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Stromsensors,

Fig. 5 einen Stromsensor nach dem Stande der Technik.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 wird ein zu messender Strom i_1 durch eine Primärwicklung 1 eines Stromtransformators geleitet, der zudem einen Magnetkern 2 sowie eine über den Magnetkern 2 magnetisch gekoppelte Sekundärspule 6 aufweist. Ein Sensor 3 ist dabei derart mit dem Magnetkern 2 gekoppelt, daß er den Magnetfluß im Magnetkern 2 mißt. Der Sensor 3 besteht beispielsweise aus einem in die Sättigung gesteuerten Transformator mit rechteckförmiger Magnetisierungskennlinie oder einem Hall-Sensor. Eine dem Sensor nachgeschaltete Auswerteschaltung 4 bereitet den vom Sensor 3 gelieferten linearen Meßwert auf und leitet den aufbereiteten, beispielsweise verstärkten und gefilterten Meßwert an eine Treiberschaltung 5 weiter. Die Treiberschaltung 5 umfaßt dabei einen nicht-invertierenden Verstärker 5a und einen invertierenden Verstärker 5b, deren Eingänge einander parallel geschaltet und an den Ausgang der Auswerteschaltung 4 angeschlossen sind. Zwischen die Ausgänge der Verstärker 5a und 5b ist die Reihenschaltung aus Sekundärwicklung 6 und Abschlußwiderstand 7 geschaltet. Die über dem Widerstand 7 abfallende, dem zu messenden Strom i_1 proportionale Spannung wird mittels eines Differenzverstärkers 8 abgenommen und steht an dessen Ausgang als eine beispielsweise auf ein Bezugspotential G bezogene Ausgangsspannung U_a zur Verfügung.

Gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 1 ist diejenige aus Fig. 2 dahingehend abgeändert, daß der Eingang des invertierenden Verstärkers 5b nicht dem Eingang des nicht-invertierenden Verstärkers 5a parallel geschaltet ist, sondern an dessen Ausgang angeschlossen ist. Die Ausführungsform nach Fig. 3 geht nun ihrerseits aus der Ausführungsform nach Fig. 2 dadurch hervor, daß anstelle des nicht-invertierenden Verstärkers 5a ein invertierender Verstärker 5c vorgesehen ist.

Gemäß Fig. 4 enthält die Treiberschaltung 5 aus Fig. 3 bevorzugt einen Operationsverstärker 10, dessen invertierender Eingang zum einen über einen Widerstand 21 an den Sensor 3 angeschlossen ist (Auswerteschaltung 4 kann hierbei beispielsweise entfallen) und zum anderen über einen Widerstand 12 mit seinem Ausgang gekoppelt ist. Dessen nicht-invertierender Eingang ist zum einen über einen Widerstand 25 mit dem Bezugspotential G und zum anderen über einen Widerstand 24 ein Referenzpotential R bildend verbunden. Der Operationsverstärker 10 ist somit mit den Widerständen 21 und 22 als invertierender Verstärker 5c beschaltet. Der Ausgang des Operationsverstärkers 10 ist darüber hinaus über einen Widerstand 13 mit einem positiven Versorgungspotential V und über einen Widerstand 14 mit dem Bezugspotential G gekoppelt. Die beiden Widerstände 13 und 14 können jedoch auch gegebenenfalls entfallen. Die Spannungsversorgung des Operationsverstärkers 10 erfolgt jeweils unter Zwischenschaltung eines Widerstandes 15 bzw. 16 aus einem positiven Versorgungspotential V bzw. dem Bezugspotential G. Die beiden Spannungsversorgungszweige dienen darüber hinaus zur Ansteuerung zweier Endstufentransistoren 17 und 18. Deren Basisanschlüsse sind jeweils an die Versorgungsanschlüsse des Operationsverstärkers 10 angeschlossen und somit über den Widerstand 15 bzw. den Widerstand 16 mit dem positiven Versorgungspotential V bzw. dem Bezugspotential G gekoppelt. Der Emitter des Transistors 17, der vom pnp-Typ ist, ist an das positive Versorgungspotential V und der Transistor 18, der vom npn-Typ ist, ist an das Bezugspotential G angeschlossen. Die Kollektoren der beiden Transistoren 17 und 18 sind – den Ausgang der Gegentaktendstufe und damit einen Ausgang der Treiberschaltung 5 bildend – miteinander gekoppelt und über jeweils eine als Freilaufdiode wirkende Diode 19 bzw. 20 in Sperrichtung an das positive Versorgungspotential V bzw. an das dem Bezugspotential G angeschlossen. Schließlich ist ein Widerstand 23 zwischen den Ausgang des Operationsverstärkers 10 und die gekoppelten Kollektoren der Transistoren 17 und 18 geschaltet.

Darüber hinaus ist eine identisch aufgebaute, weitere Gegentaktendstufe mit den Transistoren 17' und 18', mit den Dioden 19' und 20', den Widerständen 13' bis 16', 21' bis 25' sowie einem Operationsverstärker 10' vorgesehen. Die Sekundärwicklung 6 und der in Reihe dazugeschaltete Abschlußwiderstand 7 sind dabei zwischen die gekoppelten Emitter der Transistoren 17 und 18 einerseits und die gekoppelten Emitter der Transistoren 17' und 18' andererseits geschaltet. Der nicht invertierende Eingang des Operationsverstärkers 10' ist schließlich an ein Referenzpotential R und dessen invertierender Eingang ist unter Zwischenschaltung eines Widerstandes 23 an den Ausgang des Operationsverstärkers 10 angeschlossen.

Durch die Sekundärwicklung 6 und den Abschlußwiderstand 7 wird dabei ein Strom i_2 geleitet, der zum einen den durch den Strom i_1 hervorgerufenen Magnetfluß im Magnetkern 2 kompensieren und zum anderen einen Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand 7 erzeugen soll. Der Spannungsabfall über dem Widerstand 7 bildet dabei die Eingangsgröße für den Differenzverstärker 8, an dessen Ausgang die dem zu messenden Strom i_1 proportionale

Spannung U anliegt. Bei der Ausführungsform nach Fig. 4 wird nur eine unipolare Spannungsversorgung verwendet. Bei gleichen Eigenschaften wie bipolar gespeiste der Stromsensor benötigt der Stromsensor lediglich die halbe Versorgungsspannung.

Patentansprüche

1. Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip bei dem das von einer vom zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung (1) erzeugte Magnetfeld durch den Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung (6) kompensiert wird und bei dem zur Steuerung des Kompensationsstromes mindestens ein vom Magnetfeld beeinflusster Sensor (3) Abweichungen vom Nullfluß erfaßt und diesen Meßwert einer Treiberschaltung (5) zur Erzeugung des Kompensationsstromes zuführt, wobei an den Ausgang der Treiberschaltung (5) die Sekundärwicklung (6) in Reihe zu einem Abschlußwiderstand (7) angeschlossen ist und am Abschlußwiderstand (7) eine dem zu messenden Strom proportionale Spannung (U_a) anliegt, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Treiberschaltung (5) zwei durch den Meßwert angesteuerte, einander gegenüber gegenphasige Ausgangssignale liefernde Verstärker (5a, 5b) in Brückenschaltung verwendet werden, wobei zwischen die Ausgänge der Verstärker die Reihenschaltung aus Sekundärwicklung (6) und Abschlußwiderstand (7) geschaltet ist.
2. Stromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Treiberschaltung (5) zwei Gegentaktenstufen (13 bis 20, 13' bis 20'; 28 bis 31; 32 bis 35) als Verstärker (5a, 5b) aufweist.
3. Stromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärker (5a, 5b) jeweils einen Operationsverstärker (10, 10') aufweisen, daß der nicht-invertierende Eingang jedes Operationsverstärkers (10, 10') mit einem Referenzpotential (R) verbunden ist, daß die Spannungsversorgung je des Operationsverstärkers (10, 10') jeweils unter Zwischenschaltung eines ersten bzw. zweiten Widerstandes (15; 15', 16; 16') aus einem Versorgungspotential (V) bzw. einem Bezugspotential (G) erfolgt, daß zwei Endstufentransistoren (17, 17', 18, 18') vorgesehen sind, deren Basisanschlüsse jeweils an die Versorgungsanschlüsse des jeweiligen Operationsverstärkers (10, 10') angeschlossen sind und somit über den ersten Widerstand (15, 15') mit dem Versorgungspotential (V) und über den zweiten Widerstand (16, 16') mit dem Bezugspotential (G) gekoppelt sind, daß der Emitter des jeweils einen Endstufentransistors (17, 17'), der vom einen Leitungstyp ist, an das Versorgungspotential (V) und der jeweils andere Endstufentransistor (18, 18'), der vom anderen Leitungstyp ist, an das Bezugspotential (G) angeschlossen ist, daß die Kollektoren jeweils beider Endstufentransistoren (17, 17'; 18, 18') – den Ausgang des jeweiligen Verstärkers (5a, 5b) und damit einen Ausgang der Treiberschaltung (5) bildend – miteinander gekoppelt sind, daß die Sekundärwicklung (6) und der in Reihe dazu geschaltete Abschlußwiderstand (7) zwischen die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren (17, 18) des einen Verstärkers (5c) einerseits und die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren (17', 18') des anderen Verstärkers (5a) andererseits geschaltet sind, daß der invertierende Eingang eines der Operationsverstärker (10) durch den vom Sensor 3 bereitgestellten Meßwert angesteuert wird und

daß der invertierende Eingang des anderen Operationsverstärkers (10') an den Eingang oder Ausgang des einen Operationsverstärkers (10) angeschlossen ist.

4. Stromsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren 17 und 18 und den Ausgang des einen Operationsverstärkers (10) sowie zwischen die gekoppelten Emitter der Endstufentransistoren 17' und 18' und den Ausgang des anderen Operationsverstärkers (10') jeweils dritter Widerstand (23, 23') geschaltet ist.

5. Stromsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswerteschaltung (4) zur Aufbereitung des vom Sensor (3) bereitgestellten Meßwertes zwischen Sensor (3) und Treiberschaltung (5) geschaltet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

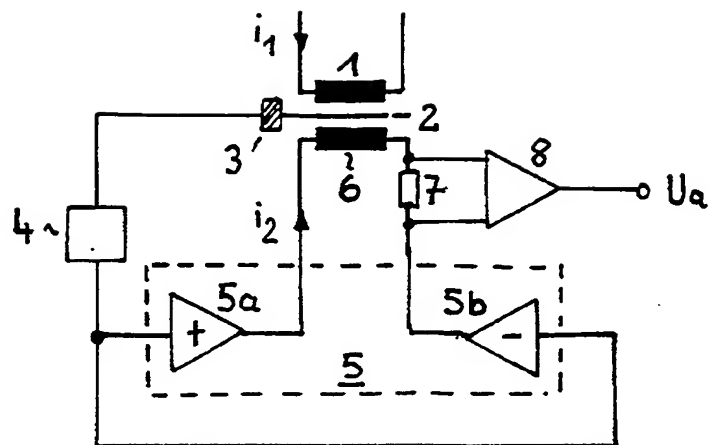


Fig. 1

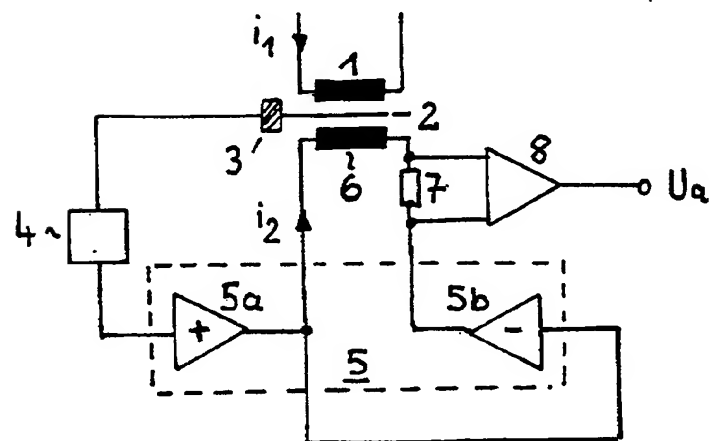


Fig. 2

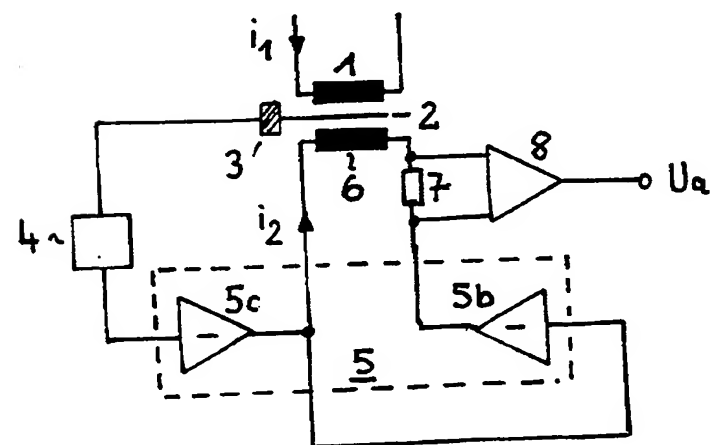


Fig. 3

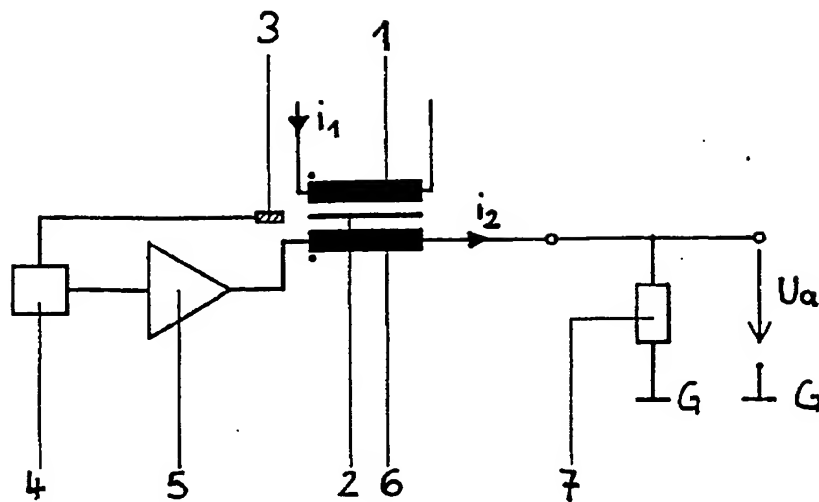


Fig. 5

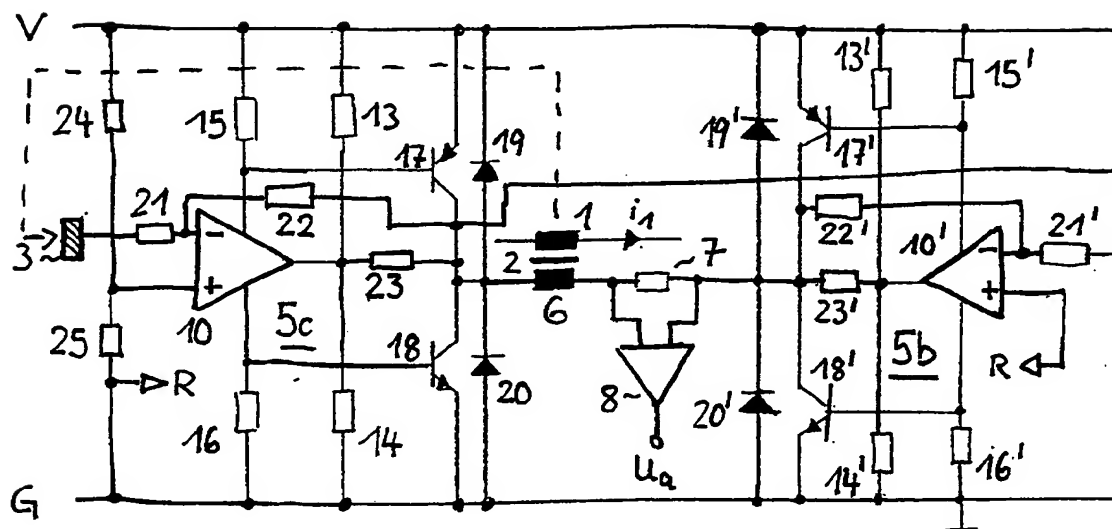


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.